O SILE MAGNETYCZNEJ ZIEMI.

ROZPRAWA

PRZEZ

Stefana Ludwika Kuczyńskiego

NN. WW. I FIL. DRA

PROF. FIZYKI W UNIWERSYTECIE JAGIELLOŃSKIM

na posiedzeniu prywatném

Towarzystwa Naukowego Krakowskiego

CZYTANA

W KRAKOWIE

W DRUKARNI UNIWERSYTECKIÉJ

1847.

Jaśnie Wielmożnemu

Józefowi Brodowiczowi

Doktorowi Medycyny, Filozofii i N.N. WW Kommissarzowi Rządowemu przy Instytutach Naukowych Miasta Krakowa i J. O. Dyrektorowi Kliniki, professorowi p. z. Patologii i Terapii, Rektorowi Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prezesowi Towarzystwa Naukowego Krakowskiego, Członkowi honorowemu Towarzystwa lekarskiego Warszawskiego i t. d. i t. d.

na znak

szczególnej czci i uwielbienia

ofiaruje

Autor

O SILE MAGNETYCZNÉJ ZIEMI.

ROZPRAWA

przez

Stefana Ludwika Kuczyńskiego

NN. WW. I FIL. DRA

PROFESSORA FIZYKI W UNIWERSYTECIE JAGIELLOŃSKIM

na posiedzeniu prywatném

Towarzystwa Naukowego Krakowskiego

CZYTANA.

W KRAKOWIE

W DRUKARNI UNIWERSYTECKIÉJ.

1847.

Osobne odbicie z IIIgo Tomu Rocznika Towarzystwa Nauk. Krak.

Jedno z główniejszych zadań tegoczesnych Fizyki jest wykrycie praw działania siły magnetycznéj ziemi. A gdy ono do rzędu tych należy, których rozwiązanie przechodzi siły jednego człowieka, a nawet jednego pokolenia; gdy koszta z pracami przygotowawczemi połączone przewyższają środki prywatnych osób, za nader szczęśliwe wydarzenie uważać potrzeba, że w celu rozwiązania niektórych części tego wielkiego zagadnienia, w tym wieku potworzyły się stowarzyszenia, że Akademie uczone, że rządy wielu krajów z nadzwyczajną hojnością wspiérają w tym względzie badaczów natury. Tak na wezwanie sławnego Alexandra Humboldta w r. 1828 utworzyło się stowarzyszenie, w celu wykrycia, czyli dzienne zmiany przypadkowe, którym ulega kierunek siły magnetycznéj ziemi, są li miejscowe, czyli téż jednocześnie zmiany odpowiednie w różnych punktach ziemi się zdarzają. Szczególnie gdy sławny dyrektor obserwatoryum w Getyndze, Gauss, wynalazłszy nowe narzędzia, dostrzeżeniom magnetycznym nierównie większą niż przedtém, dawniéj tylko w dostrzeżeniach astronomicznych znaną, nadał dokładność, — to stowarzyszenie tak raptownie wzrastać poczęło, iż od r. 1834 do 1841 w 32 miejscach, w różnych stronach kuli ziemskiéj położonych, w porach oznaczonych, z początku sześć razy, a od r. 1839 cztéry razy do roku w tych samych dniach jednocześnie przez 24 godzin co 5 minut oznaczano zmiany kierunku,

a w niektórych oprócz tego zmiany natężenia siły magnetycznéj ziemi. Nazwiska miejsc, w których już to wszystkie, już to niektóre takie terminowe spostrzeżenia robiono, są następujące: Alten, Altona, Augsburg, Bellsund, Berlin, Breda, Bruxella, Christiania, Dublin, Genewa, Getynga, Greenwich, Haga, Hammerfest, Hannower, Havösund, Heidelberg, Freiburg, Kraków, Kopenhaga, Kremsmünster, Kuopio, Lipsk, Marburg, Medyolan, Monachium, Petersburg, Praga, Seeberg, Stokholm, Upsala, Wrocław. W obserwatoryach zaś magnetycznych rossyjskich i angielskich, tudzież w Algerze, w Bostonie, w Bruxelli, w Christianii, w Filadelfii, w Kremsmünster, w Medyolanie, w Monachium, w Pradze i w Wrocławiu podobne obserwacye co miesiąc raz, a więc 12 razy do roku czynione były. — W Berlinie w r. 1828 wymurowano domek niezawierający żadnego żelaza, w którym A. Humboldt umieścił kompas Gambaya. W Getyndze Gauss w r. 1833 pierwsze obserwatoryum magnetyczne podług nowego urządzenia założył. W r. 1836 A. Humboldt uczynił w tym względzie wezwanie do król. towarzystwa nauk w Londynie. A dzisiaj mamy obserwatorya magnetyczne w doskonałe narzędzia zaopatrzone, niektóre nawet mające wyłącznie temu poświęcających się obserwatorów: w Getyndze, w Medyolanie, w Pradze, w Bruxelli, w Kremsmünster, w Greenwich, w Dublinie, w Makerstoun około Edynburga, w Monachium, w Berlinie, w Christianii, w Genewie, w Algerze; tudzież obserwatorya rossyjskie w Petersburgu, Katerinenburgu, Barnaul, Nertschinsk, Kazan, Tiflis, Sitka, Helsingfors, Peking; obserwatorya angielskie w Toronto, na przylądku Dobréj Nadziei, na wyspach Ś. Heleny i Van Diema; obserwatorya wschodnio-indyjskie w Simla, Madras, Singapore, Bombay; obserwatorya Stanów Zjednoczonych w Washington, w Filadelfii, w Boston,

Cambridge, Hudson; również nasze obserwatoryum w Krakowie. Nadto rząd angielski w r. 1840 wysłał, w celu robienia obserwacyj magnetycznych w pobliskości bieguna południowego, dwa okręty na trzy lata pod dowództwem kapitana Ross.

Prawie we wszystkich pomienionych obserwatoryach oprócz wyżéj wzmiankowanych spostrzeżeń terminowych, robiono także i dzienne, odnoszące się do wykrycia zmian okresowych jakich kierunek i natężenie magnetycznéj siły na tém samém miejscu doznaje. W wielu oznaczono także bezwzględny kierunek i natężenie téj siły. Podobne chociaż mniéj dokładne spostrzeżenia magnetyczne robiono także w innych punktach kuli ziemskiéj, w których nie ma obserwatoryów magnetycznych. Pominę dawniejsze czynione przez PP. Vancouver, d' Entrecarleaux, Labillardiere, Lapeyrouse, Cook a przez Gilberta obrachowane; podobnież pominę obserwacye G. Fischera, kapitana Reinike, Boussingolta, Sulivana, Dunlopa, i tylko niektóre z ważniejszych tutaj przytoczę. A. Humboldt już w czasie swéj podróży przez Francyją, Hiszpaniją, wyspy Kanaryjskie, Ocean Atlantycki, morze południowe i kraje tymże przyległe od roku 1798 do 1803 wielką liczbę magnetycznych dostrzeżeń, szczególnie w celu porównania natężenia siły magnetycznéj ziemi w różnych punktach był zrobił; podobnież w swojéj podróży późniejszéj, którą odbył w towarzystwie z Gay-Lussakiem przez Francyją, Szwajcaryją, Włochy i Niemcy; w czasie zaś swéj ostatniéj podróży do Azyi oznaczył pochylenie magnetyczne w 26 punktach. Kapitan Billingshausen oznaczył zboczenie magnetyczne w 72 punktach w półkuli południowéj położonych. Z obserwacyj Kapitana Lütke robionych w czasie podróży na około świata od r. 1826 do r. 1829 Lenz obrachował kierunek i natężenie siły magnetycznéj ziemi w 52 punktach. W An-

glii, Szkocyi i Irlandyi PP. Sabine, Lloyd, Philipps, Fox, Ross i i. oznaczyli kierunek i natężenie téj siły w 50 punktach zupełnie, w 125 przynajmniéj w części. W krajach Stanów zjednoczonych PP. Loomis, Locke, Bache i i. od r. 1835 do 1842 roku w 105 punktach pochylenie, w 191 zboczenie, a w 29 natężenie téj siły oznaczyli. Kapitan Beliflor od r. 1837 do 1840 na wybrzeżu zachodniém Ameryki i wyspach przyległych oznaczył kierunek i natężenie téj siły w 30 punktach. To samo uczynił Kreil w Czechach w 17 punktach, Lamont w 6 punktach w Niemczech; ostatni oraz obrachował natężenie poziomej części siły magnetycznéj ziemi dla 26 punktów w Niemczech, we Francyi, w Szwajcaryi i we Włoszech położonych z obserwacyj P. Bravais. Podobne oznaczenia robił w Norwegii i na różnych wybrzeżach Europy Hansteen; dla punktów zaś położonych na lądzie stałym Europy oznaczali elementa siły magnetycznéj ziemskiéj PP. Quetelet, Sartoriusz Listing i inni. A. Erman w czasie swéj podróży na około świata od r. 1828 do 1830 oznaczył zboczenie magnetyczne w 83 punktach. Kapitan Ross w czasie swéj wyprawy do bieguna południowego w 1840, 1841 i 1842 r. oznaczył natężenie siły magnetycznéj ziemi w 103 punktach, pochylenie w 98, zboczenie zaś magnetyczne w 81 punktach. Czyli raczéj dla tyluż punktów Lamont średnie z jego dostrzeżeń i oznaczeń obliczył.

Zadanie, którego rozwiązaniem tylu uczonych piérwszego rzędu się zatrudnia, musi być ważném dla umiejętności. Rozwiązanie jego, które rządy przez utworzenie nowych i kosztownych zakładów, przez uzbrojenie w tym celu wysłanych okrętów chcą ułatwić, musi w praktyce wielkie obiecywać korzyści. Zamyśliłem więc w krótkości wyłożyć: co rozumiemy przez siłę magnetyczną ziemi, w jaki sposób praw jéj działania do-

chodzą Fizycy, jakie są wypadki dotychczasowych badań w tym względzie, co jeszcze do czynienia pozostaje, jakie nakoniec korzyści z poznania dokładnego praw działania téj siły wyniknąćby mogły dla życia społecznego, i dla umiejętności.

Trzy są główne własności magnesów: piérwsza przyciąganie żelaza; druga, ustawianie się w pewnym kierunku względem stron świata, gdy są ruchome i w środku ciężkości podparte; w którym to razie nazywają się igłami czyli wahadłami magnetycznemi. Jeden koniec takiéj igły, w naszych stronach, zwraca się ku północy, drugi ku południowi. Piérwszy nazywamy biegunem północnym, drugi południowym. Nareszcie trzecią własnością jest wzajemne działanie na siebie podług następującego prawa: Równoimienne bieguny dwóch magnesów odpychają się, różnoimienne zaś przyciągają się.

Dzieląc magnes na jakkolwiek drobne cząstki, w każdéj dwa bieguny dostrzegamy, które na dany punkt magnetyczny, pod temiż samemi warunkami, co do natężenia równe, co do kierunku zaś wprost przeciwne siły wywiérają. Uważamy więc magnes jako zbiór cząstek magnetycznych, z których każda z dwóch nierozdzielnych punktów się składa; jeden z nich jest siedzibą magnetyzmu północnego czyli dodatnego, drugi siedzibą równéj ilości magnetyzmu południowego czyli ujemnego. Linią łączącą obydwa te punkta nazywamy osią magnetyczną cząstki; siłę zaś, z jaką magnes na jeden z punktów cząstki magnetycznéj zewnątrz niego położonéj działa, uważamy jako wypadkową z sił, które na ten punkt wywiérają jego pojedyncze cząstki. Ta siła maleje w miarę jak sześcian odległości punktu danego od środka magnesu wzrasta, gdy siły, z któremi pojedyncze cząstki magnetyczne na siebie działają, kwadratom ich odległości odwrotnie są proporcyonalne, a wymiary magnesu

tak małe, iż w porównaniu z jego odległością od punktu danego na uwagę nie zasługują. Jednak siła, którą magnes wywiéra, nie jest li tylko od odległości pomienionéj zawisłą, lecz także od natężenia magnetyzmu w magnesie i w danym punkcie magnetycznym, tudzież od kierunku linii od środka magnesu do punktu magnetycznego poprowadzonéj. Dla każdego położenia magnesu jest jeden kierunek téj linii, przy którym działanie magnesu jest największém. To jest: gdybyśmy jakąkolwiek odległością ze środka magnesu kulę zatoczyli, naówczas działanie magnesu na punkta magnetyczne na powierzchni téj kuli znajdujące się, mimo ich równéj od niego odległości, i równych ich sił magnetycznych, nie byłoby równém, tylko na dwa punkta na końcu téj saméj średnicy leżące byłoby największém. Ten to kierunek, w którym magnes, przy równych innych warunkach, największą siłę na cząstki magnetyczne wywiéra, nazywa się jego osią magnetyczną, i jest zawisłym już to od położenia magnesu w przestrzeni, już to od rozkładu sił magnetycznych wewnątrz niego.

Jakiekolwiek jest położenie cząstki magnetycznéj względem magnesu, zawsze siły, które on na jéj dwa, przeciwnym magnetyzmem w równéj ilości obdarzone punkta wywiéra, są co do natężenia równe, co do kierunku zaś równoległe, lecz w przeciwne działające strony. Stąd wypływa, iż cząstka w takiém tylko położeniu do równowagi się ułoży, w którém oś jéj stanie się równoległą do kierunku tychże sił.

Wahadło magnetyczne wystawione na działanie innych magnesów, ułożyć się może, podobnie jak cząstka magnetyczna, tylko w pewnym kierunku do równowagi. A gdyby pod wyłącznym wpływem jednego tylko magnesu zostawało, wtedy kierunek jego osi magnetycznéj oznaczałby kierunek pary sił

magnetycznych na niego przez działający magnes wywartych.

Względem ziemi wahadło magnetyczne zupełnie tak się zachowuje, jak względem innych magnesów. Ziemia albowiem równie jak silny magnes, któryby był w wielkiéj od niego odległości, przymusza go w pewnym tylko kierunku układać się do równowagi. W tém to znaczeniu mówimy, iż ziemia posiada siłę magnetyczną. A gdy i temu zapobieżemy, ażeby oprócz siły magnetycznéj ziemi, na wahadło magnetyczne żadna inna nie działała siła, wtedy kierunek, w którym oś jego magnetyczna do równowagi się ułoży, okaże nam oraz kierunek siły magnetycznéj ziemi w daném miejscu.

Ażeby kierunek siły magnetycznéj ziemi w danym punkcie łatwiéj opisać i oznaczyć, wyobrażają sobie przez oś igły magnetycznéj, pod wyłącznym wpływem ziemi zrównoważonéj, przeprowadzoną płaszczyznę pionową, którą nazywają południkiem magnetycznym; kąt zaś, który ona tworzy z południkiem astronomicznym,— zboczeniem magnetyczném. Zboczenie rozróżniają na zachodnie czyli dodatne, i na wschodnie czyli ujemne, podług tego czyli biegun północny igły z zachodniéj, czyli téż ze wschodniéj strony punktu północnego jest położonym. Kąt nareszcie, który oś téj igły tworzy z poziomem, nazywają pochyleniem magnetyczném, i rozróżniają pochylenie dodatne, jeżeli biegun północny igły pod poziom się zniża, i ujemne jeżeli ten biegun nad poziom się wznosi. Oznaczenie więc kierunku siły magnetycznéj ziemi w daném miejscu i czasie zawiéra w sobie dwa zadania, to jest: oznaczenie zboczenia i oznaczenie pochylenia magnetycznego.

Miarą zboczenia jest łuk koła poziomego, zatoczonego z punktu położonego na osi obrotu igły, zawarty pomiędzy jéj biegunem północnym i punktem północnym astronomicznym. W tych

więc punktach, gdzie pochylenie magnetyczne jest zero, to jest gdzie oś igły magnetycznéj w środku ciężkości zawieszonéj ma kierunek poziomy, zboczenie da się z łatwością oznaczyć za pomocą bussoli. Składa się ono narzędzie z koła poziomego dokładnie podzielonego, przez którego środek przechodzi oś pionowa w ostrze zakończona, i z igiełki magnetycznéj zaopatrzonéj w środku kapelusikiem agatowym, nieco krótszéj od średnicy pomienionego koła, która na tém ostrzu się zawiesza. Ustawiwszy średnicę przez zero przechodzącą do południka astronomicznego, łatwo na tém kole odczytać zboczenie magnetyczne. W miejscach jednak gdzie pochylenie magnetyczne nie jest zero, kierunek pochyły osi igły w środku ciężkości zawieszonéj uczyniłby ją mniéj dogodną wskazówką dla koła poziomego. Jak temu zaradzić, okaże następująca uwaga. Para sił magnetycznych, które ziemia na igłę wywiéra, da się rozłożyć na parę sił poziomych, działających w płaszczyznie południka magnetycznego, i na parę sił pionowych. Piérwsza usiłuje igłę sprowadzić do południka magnetycznego, i nadadź jéj osi kierunek poziomy; druga para dąży do tego aby oś igły ustawić pionowo. Jeżeli obydwie pary łącznie działają, oś igły mieć będzie kierunek pośredni pomiędzy poziomem i pionem. Gdybyśmy zaś drugą parę sił, to jest pionową, zniszczyli, niezmieniając kierunku i natężenia pary piérwszéj — pozioméj, oś igły ustawiłaby się poziomo w południku magnetycznym. Działanie pary pionowéj przez to się objawia, iz sprowadziwszy oś igły do poziomu, ta para sił nadaje igle w pewnym kierunku popęd do obrotu na około osi poziomej przez punkt zawieszenia igły przechodzącéj, np. u nas gdzie pochylenie jest dodatném, w kierunku takim, iżby biegun północny pod poziom się zniżał. Jeżeli więc z biegunem igły, który ta para sił wznosi, u nas z biegunem po-

łudniowym, połączymy ciężarek, któryby igle, na około téj samej osi nadawał popęd do obrotu w przeciwnym kierunku, zniszczymy przez to parę sił pionowych, niezmieniając bynajmniéj pary sił poziomych. Igła więc przez stósowne obciążenie odpowiedniego bieguna, w każdém miejscu może się ułożyć do rownowagi w położeniu poziomém, nieoddalając się przez to bynajmniéj od południka magnetycznego. Gdyby jednak z czasem natężenie pionowéj części magnetyzmu ziemskiego się zmieniło, lub gdybyśmy igłę przenieśli w miejsca, gdzie to natężenie ma ważność inną, zmieniłby się popęd do obrotu nadany igle przez siłę magnetyczną; trzebaby więc także zmienić w przeciwnym kierunku działający popęd siły ciężkości równoważącéj sile magnetycznéj pionowéj. Co albo przez zmianę ciężarku, albo przez zmianę jego odległości od punktu zawieszenia uczynić można.

Na tych to prostych zasadach polega użycie igły zboczenia, czyli bussoli, za pomocą któréj, gdy zboczenie magnetyczne jest znaném z łatwością oznaczyć można położenie południka astronomicznego, a tém samém rozeznać strony świata. W tym to celu używają bussoli przy pomiarach podziemnych, przy pomiarach lasów, słowem przy wszystkich pomiarach, gdzie albo nie ma innych sposobów orientowania się, albo więcéj spieszne ukończenie roboty, niż jéj wielką dokładność ma się na względzie. Najważniejsze jednak użycie bussoli jest w żegludze. Na morzu droga nie może być wytkniętą tak, jak na lądzie. Żeglarz ma ją tylko przez linie oznaczaną na mapie. Téj drogi musi się trzymać, jeżeli się nie chce narazić na rozliczne niebezpieczeństwa. W tym celu musi być w stanie w każdéj chwili rozeznać strony świata, i znać swoje położenie na kuli ziemskiéj. Tylko ciągła uwaga na chyżość, z którą się porusza, i na kie-

runek biegu okrętu, który ocenia za pomocą bussoli, a czasami obserwacye astronomiczne, mogą mu być w tym względzie pomocne. Czém więc jest bity gościniec, na którym wszystkie przeszkody z drogi usunięto, dla podróżujących na lądzie; tém są mapy, zégary, tablice i narzędzia astronomiczne, tém jest nigdy swéj pomocy nieodmawiająca a łatwiejsza w użyciu bussola dla podróżujących na morzu. Kto się więc zastanowił nad ważnością żeglugi dla handlu świata, nad tysiącznemi korzyściami, które ona, łącząc odległe narody, przynosi spółeczeństwu ludzkiemu, ten się dziwić nie będzie nad ważnością, jaką przypisują bussoli i wszystkiemu, na czém jéj korzystne użycie polega.

Jakkolwiek bussola jest dogodną, gdzie idzie o prędkie, lecz tylko przybliżone oznaczenie zboczenia magnetycznego, albo (gdzie to jest znaném) o przybliżone oznaczenie stron świata; użytą przecież być nie może tam, gdzie idzie o dokładność większą, np. w celu odkrycia praw działania magnetyzmu ziemi. A to z powodów następujących. Niepodobieństwem jest przy tém urządzeniu, jakie ma bussola, uniknąć tarcia na osi, które sprawia, iż igła nie tylko w południku magnetycznym, ale i w innych płaszczyznach pobliskich do równowagi ułożyć się może. Co gorsza, wpływ tarcia jest zupełnie przypadkowym, od przyczyn nieprzewidzianych zawisłym, a przeto w każdym przypadku innym, nie może więc błąd stąd pochodzący być oznaczonym i za pomocą rachunku usuniętym. Ażeby ten błąd uczynić ile można najmniejszym, starano się pomniejszyć tarcie na osi, przez to iż używano igieł małych i lekkich co jednak z innemi niedogodnościami było połączoném. Albowiem na igły takie ciała pobliskie magnetyczne znaczny wpływ wywiérają, oraz małym igłom w zwykłych bussolach małe muszą odpo-

wiadać koła poziome; im mniejszém zaś jest koło, tém na mniéj części dadzą się podzielić pojedyncze stopnie łuku, a więc zboczenie da się tylko z mniejszą dokładnością oznaczyć. Nakoniec oś symmetryi igły przechodząca przez jéj końce, które służą na kole za wskazówki, może z osią magnetyczną znaczny kąt tworzyć, którego wielkość oznaczyć na takiéj igle nie ma żadnego sposobu; biorąc więc kąt, jaki ta oś symmetryi tworzy z południkiem astronomicznym, za kąt zboczenia, znaczny błąd popełnić możemy.

Gdzie idzie o dokładniejsze oznaczenie zboczenia magnetycznego, używają dzisiaj magnetometru. Nasz uniwersytet posiada teraz dwa takie narzędzia. Jeden magnetometr Gaussa, umieszczony od lat ośmiu w domku niezawiérającym oprócz niego żadnego żelaza ani magnesu, będący własnością obserwatoryum astronomicznego; drugi przenośny Webera, mogący być użytym na podróży, który przeszłego roku nabyłem dla gabinetu fizycznego. Główną częścią tegoż narzędzia jest magnes zawieszony na drucie lub nitce tak, iżby oś jego była poziomą, otoczony skrzynią chroniącą go od wpływu wiatru, i zaopatrzony przyrządem służącym do powiększenia lub pomniejszenia skręcenia nitki, u któréj jest zawieszonym, o kąt dany. Przynajmniéj na jednym jego biegunie osadzone jest zwierciadełko płaskie, z nim ściśle połączone. do osi jego symmetryi, przeto przybliżenie także do osi magnetycznéj prostopadłe. Na przeciwko tegoż zwierciadełka ustawia się w płaszczyźnie południka magnetycznego, przechodzącéj przez punkt zawieszenia igły, nieco wyżéj od niéj lunetę z teodolitem połączoną; a o tyleż niżéj, prostopadle do tegoż południka, umieszcza się podziałkę na cząstki drobne np. milimetra podzieloną. W téj saméj płaszczyznie, w takiéj odległości za zwierciadłem, w jakiéj podziałka

jest przed niém, wykréśla się linia pionowa na stałym słupie, którą nazywamy mirą lub znakiem. Służy ona już to do przekonania się o niezmienném położeniu płaszczyzny pionowéj, przechodzącéj przez oś lunety, już to do sprowadzenia téjże osi do téj saméj płaszczyzny, gdyby jéj położenie zostało zmienioném. Skierowawszy lunetę ku zwierciadełku widzimy obraz podziałki, na któréj punkt środkowy w płaszczyznie przez mirę i oś lunety przechodzącéj położony, wskazuje wahadełko czyli pion zawieszony u oprawy soczewki przedmiotowéj lunety. Z zasad piérwszych katoptryki z łatwością wypływa:

Popiérwsze, że punkt środkowy podziałki, na który pion wskazuje, ujrzymy w środku pola widzenia lunety, jeżeli linija prostopadła do zwierciadła, którą odtąd nazywać będziemy normalną zwierciadła, leży w płaszczyznie przez mirę i oś lunety przechodzącéj.

Powtóre, że najmniejsza zmiana zboczenia magnetycznego, pociągając za sobą zmianę położenia igły, a więc i normalnéj zwierciadełka, nie tylko zostanie z łatwością dostrzeżoną, gdyż natychmiast ujrzymy obraz innego punktu podziałki w środku lunety, ale oraz z odczytanéj liczby temu punktowi podziałki odpowiadającéj, i ze znanéj odległości podziałki od zwierciadełka da się wyrachować kąt o który to zboczenie się zmieniło.

W narzędziach większych, jakie się znajdują w obserwatoryach magnetycznych, ten kąt może być oznaczonym aż do dwóch sekund dokładnie, w narzędziach przenośnych aż do sekund dziesięć.

Ale nie tylko zmiany zboczenia magnetycznego, na tém samém miejscu, za pomocą tegoż narzędzia z największą łatwością, oznaczyć można, lecz także z tą samą dokładnością waż-

ność zboczenia bezwzględną. Do czego jednak szereg nieco trudniejszych dostrzeżeń jest potrzebnym. W tym to celu:

Popiérwsze. Oznacza się, przez dostrzeżenia astronomiczne, za pomocą teodolitu kąt, który tworzy południk astronomiczny z płaszczyzną miry.

Powtóre. Obrachuje się z liczby odczytanéj na podziałce w środku pola widzenia lunety, przy jéj normalném ustawieniu, kąt, który tworzy płaszczyzna miry z płaszczyzną pionową, przechodzącą przez normalną zwierciadła.

Potrzecie. Obraca się magnes tak, iżby strona, którą zwracał ku zachodowi, zwróconą została ku wschodowi, ta, którą zwracał do góry, zwróconą została na dół, i na odwrót. Jeżeli to odwrócenie zmienia położenie normalnéj zwierciadła, to jest jeżeli po odwróceniu inną liczbę niż przed tém w środku pola widzenia odczytujemy, naówczas oś magnetyczna igły z tą normalną kąt tworzy, którego ważność z liczb odczytanych przed i po obkręceniu łatwo obrachować.

Poczwarte. Nakoniec usuwa się igłę magnetyczną, a w tém samém miejscu, na téj saméj nitce zawiesza się równego z nią kształtu i urządzenia pręt mosiężny, któremu tylko słaby magnes z nim połączony nadaje małą kierowność magnetyczną. Z liczby odczytanéj w zwierciadełku tego pręta mosiężnego, porównanéj z liczbą odczytaną w zwierciadełku magnesu, z czasów jednego wahnięcia tego pręta i magnesu, nareszcie ze zmian, jakie w ich położeniu sprawiają skręcenia nitki o kąt dany, wyrachować można błąd, jaki w skutek skręcenia nitki, przy oznaczeniu zboczenia popełnionym został.

Z wypadków tych cztérech działań łatwo już z całą dokładnością oznaczyć zboczenie magnetyczne w daném miejscu o pewnym czasie. Jednak prawdziwość wypadków dwóch ostatnich

działań polega na tém przypuszczeniu: że południk magnetyczny, w czasie obserwacyi igły w dwóch różnych położeniach, tudzież w czasie obserwacyi igły i pręta mosiężnego, zostaje niezmiennym. Lecz właśnie obserwacye na magnetometrze robione przekonywają nas, iż to przypuszczenie jest fałszywém, albowiem południk magnetyczny co chwila się zmienia podług nieznanego dotychczas nam prawa, tak iż czasem te zmiany w przeciągu kilku godzin kilkanaście minut wynoszą. Jeżeli więc nie chcemy polegać na tak fałszywém przypuszczeniu, któreby nas w znaczny błąd wprowadzić mogło, ustawiamy drugi magnetometr w takiéj odległości, ażeby obydwa narzędzia na siebie nie działały, lecz oraz tak jeszcze blisko, iżby siła magnetyczna w obudwóch punktach tych samych zmian doznawała. W czasie gdy na piérwszym magnetometrze robimy szereg opisanych obserwacyj i doświadczeń; połączony z różnemi zmianami jego części, na drugim nic w nim niezmieniając ciągłe robimy obserwacye; co nam posłużyć może do usunięcia za pomocą rachunku błędu, któryby mógł wyniknąć z wspomnionego fałszywego przypuszczenia.

Oznaczywszy bezwzględną ważność zboczenia w daném miejscu o pewnym czasie, zwyczajne dostrzeżenia na magnetometrze, które okazują, o ile zboczenie od owéj chwili się zmieniło, posłużą do obrachowania tegoż zboczenia dla każdego innego czasu. W ten to sposób łatwiejszy oznaczając co godzina zboczenie magnetyczne, można, z tych wypadków biorąc średnią, wynaleźć średnie zboczenie dnia, miesiąca i roku w daném miejscu. Biorąc zaś średnie z wypadków dostrzeżeń w różnych dniach robionych o téj saméj godzinie, można znaleźć średnie zboczenie, jakie téj godzinie w pewnym miesiącu lub roku od-

powiada; a porównywając średnie różnych godzin, otrzymamy wyobrażenie o prawidłowych zmianach dziennych.

Oznaczywszy zboczenie magnetyczne w pewnym punkcie powiérzchni ziemi; znamy tylko płaszczyznę pionową, w któréj leży kierunek siły magnetycznéj. Jednak gdy przez punkt dany w płaszczyznie nieskończoną liczbę linij poprowadzić można, przez to jeszcze kierunek siły magnetycznéj ziemi w miejscu daném nie jest oznaczonym; trzeba jeszcze oznaczyć kąt jaki on tworzy z poziomem, to jest pochylenie magnetyczne. Do tego służą inclinatoria, czyli igły pochylenia. Najprostsze narzędzia tego rodzaju składają się:

Popiérwsze, z igły magnetycznéj poruszającéj się w płaszczyznie pionowéj, na około osi pozioméj, przechodzącéj przez jéj środek ciężkości.

Powtóre, z koła pionowego, którego środek leży w kierunku osi obrotu igły, płaszczyzna zaś do téj osi jest prostopadłą. Na tém to kole mierzy się kąt, jaki oś symmetryi igły, to jest linia przez jéj ostrza przechodząca tworzy z poziomem,— czyli pochylenie igły.

Jeżeli to pochylenie igły ma oznaczać oraz pochylenie siły magnetycznéj ziemi w daném miejscu, trzeba, ażeby oś symmetryi igły, była oraz jéj osią magnetyczną, tudzież ażeby igła zostawała pod wyłącznym wpływem, całéj siły magnetycznéj ziemi. Musimy więc nie tylko narzędzie ustawić w takiéj odległości od innych magnesów i od większych mass żelaznych, iżby tych wpływ na igłę pochylenia za nieskończenie mały uważać można, nie tylko działanie ciężkości przez to zupełnie zniszczyć, iż oś obrotu igły dokładnie przez jéj środek ciężkości przechodzi; lecz oraz zniszczyć musimy tarcie na osi, albo przynajmniéj ile możności pomniejszyć, zabezpieczyć igłę od wpły-

wu wiatru i mniejszych nawet poruszeń powietrza, a oraz tak ją ustawić, iżby ruch swój odbywała w płaszczyznie południka magnetycznego. Albowiem gdyby igła była ruchomą w płaszczyznie do południka magnetycznego pochylonéj, wtedy kąt któryby jéj oś tworzyła z poziomem, byłby większym od pochylenia magnetycznego; nawet gdyby płaszczyzna w któréj igła jest ruchomą, z południkiem magnetycznym, kąt prosty tworzyła, naówczas igła skierowałaby się doskonale do pionu. Co wyjaśni następująca uwaga. Całą siłę magnetyczną ziemi można rozłożyć na parę sił pionowych i na parę sił poziomych działających w południku magnetycznym. Tę ostatnią znowu rozłożyć można na dwie pary sił poziomych, z których jedna działa w płaszczyznie obrotu igły, a druga do téj płaszczyzny jest prostopadłą, więc do osi obrotu równoległą. Ta ostatnia usiłując skręcić oś obrotu igły tak, iżby była do południka magnetycznego prostopadłą, przez opór w łożyskach osi, i jéj wytrzymałość zostanie zniszczoną. Pozostanie więc działalną tylko para sił poziomych, położonych w płaszczyznie obrotu igły; ta para jednak będąc równą iloczynowi z całéj siły magnetycznéj poziomej i z dostawy kąta, jaki płaszczyzna, w któréj się igła porusza, tworzy z południkiem magnetycznym, — będzie tém bardziéj malała, im więcéj od południka magnetycznego igłę oddalamy. Gdy płaszczyznę jéj obrotu oddalimy o 90° od południka magnetycznego, para sił poziomych na nią działających stanie się zero, pozostanie więc tylko para sił pionowych, która ją skieruje doskonale do pionu. W miarę zaś jak na powrót do południka magnetycznego z igłą się zbliżamy, para sił poziomych ciągle wzrasta, pochylenie ciągle maleje; w płaszczyznie zaś południka magnetycznego jest naj-

mniejszém i w tym tylko razie równa się pochyleniu siły magnetycznéj ziemi w miejscu daném.

Ażeby wyżéj wspomnianym warunkom zadosyć uczynić, starają się mechanicy igłę pochylenia zrobić ile można lekką, oś jéj obrotu doskonale walcowatą, a łożyska z twardych i gładkich kamieni, przez co tarcie znacznie się pomniejsza. W narzędziu doskonałém, jakie w przeszłym roku dla gabinetu fizycznego od mechanika Meyersteina z Getyngi nabyłem, łożyskami są płaty z kryształu górnego doskonale wygładzone. W témże narzędziu całą igłę obsłania skrzynka ze ścianami szklannemi, która ją ochrania od wpływu poruszeń powietrza. Koło pionowe zewnątrz skrzynki na spólnéj z nią podstawie spoczywające zaopatrzone jest alhidadą z noniuszami, która stale połączoną jest z dwoma ramionami leżącemi w kierunku równoległym do jednéj ze średnic koła, tak iż tylko łącznie z temi ramionami na około osi przez środek koła przechodzącéj obracać ją można. U tych to ramion umocowane są dwa mikroskopy, które wewnątrz mają mikrometra na szkle wykréślone, i skierować się dają na końce igiełki, tak iżby obrazy tychże końców na liczby lub krésy mikrometrów pomienionych wskazywały. Podstawa, na któréj cały przyrząd opisany spoczywa, połączona jest z alhidadą koła poziomego, z którą łącznie daje się kręcić na około osi pionowéj, przez środek tego koła przechodzącéj.

Ustawiwszy cały przyrząd tak, iżby oś obrotu igły do płaszczyzny południka magnetycznego była prostopadłą, a więc igła w téj płaszczyznie ruchomą, odczytują się kąty, na które wskazują noniusze na kole poziomém i na kole pionowém, tudzież liczby mikrometrów, na które wskazują obrazy końców igiełki w polu widzenia mikroskopów. Po obkręceniu o 180° na około osi pionowéj (do mierzenia tego kąta obrotu służy alhidada na

kole poziomém), igła znowu w ten sam sposób jak przedtém do równowagi się ułoży, i te same kąty z poziomem i z pionem tworzyć będzie. Podobnież i ramiona, u których umocowane są mikroskopy, opisawszy połowę powiérzchni ostrokręgu prostego w czasie tegoż obrotu, ten sam kąt z, jak przedtém igła, z pionową linią tworzyć będą, lecz ze strony przeciwnéj. Kąt więc, który linia przez odczytane liczby w mikroskopach poprowadzona z osią symmetryi igły tworzy, równy jest podwójnemu kątowi, jaki ta oś tworzy z pionem, czyli podwójnéj odległości wierzchołkowéj bieguna południowego igły, to jest $2z$. Obkręcając więc te ramiona tak, iżby znowu te same liczby mikrometrów z końcami igły w polu widzenia mikroskopów się zeszły, opiszą one, przeto i z niemi połączona alhidada na kole pionowém, kąt $2z$. Z odczytanych noniuszów na kole pionowém przy piérwszém i drugiém ustawieniu mikroskopów, łatwo ten kąt $2z$ obrachować można. Jednak ustawianie mikroskopów takie, iżby końce igły na te same jak przedtém w mikrometrze wskazywały punkta, nieco dłuższego wymagałoby czasu. Dla tego ustawia się za drugim razem, podobnie jak za piérwszym końce igły na jakiekolwiek punkta mikrometru. Z różnicy liczb na mikrometrze przy piérwszém i drugiém ustawieniu odczytanych, łatwo wyrachować, o ile kąt $2z$ z téj przyczyny od kąta na kole pionowém wymierzonego się różni, jeżeli ważność jednéj cząstki mikrometru poprzednio jest oznaczona. Odjąwszy kąt z od 90^0 otrzymamy pochylenie magnetyczne. Odczytując na kole pionowém, przy każdém ustawieniu mikroskopów obydwa noniusze, usuwamy błąd, jakiby mógł pochodzić z mimośrodkowego położenia osi obrotu alhidady i ramion mikroskopów, tudzież osi obrotu igły. Nawet błąd, jakiby przy oznaczeniu pochylenia ztąd mógł powstać, iż oś symmetryi igły nieschodzi

się dokładnie z osią magnetyczną, przy tém urządzeniu obserwacyi na wypadek nie wpływa; gdyż po obkręceniu o 180^0 na około osi pionowéj igła magnetyczna tak się ustawia, iż strona, która przy piérwszém położeniu na wschód była zwróconą, przy drugiém zwraca się ku zachodowi, strona która przy piérwszém na dół była skierowaną, przy drugiém wznosi się do góry i na odwrót. Jeżeli więc kąt, który tworzy oś symmetryi z osią magnetyczną igły jest k, naówczas w piérwszém położeniu oś symmetryi z pionem tworzy kąt $z-k$, w drugiém $z+k$, lub odwrotnie, zawsze zaś summa obudwóch tych kątów $z-k+z+k=2z$ (którą właśnie przy opisanym sposobie obserwowania mierzymy) od błędu k bynajmniéj nie jest zawisłą. Dla większéj pewności wypadku obraca się igłę jeszcze wprost w pomieniony właśnie sposób, to jest jéj stronę zwróconą ku wschodowi zwraca się ku zachodowi, nie zmieniając nic zresztą w narzędziu, i znowu cały szereg tych samych działań i dostrzeżeń jak przedtém z nią się powtarza; co daje wypadek mało się tylko różniący od poprzedzającego. Wziąwszy z obudwóch środek arytmetyczny, jeszcze więcéj do prawdy się zbliżamy. Kąt jednak otrzymany znacznie jeszcze od prawdziwego pochylenia magnetycznego się różni, a to z téj przyczyny, iż najdoskonalsi mechanicy niezdołali dotychczas dopełnić tego koniecznego, i na pozór łatwego warunku, iżby oś obrotu igły dokładnie przechodziła przez jéj środek ciężkości. Jezeli zaś środek leży pod osią obrotu, naówczas działanie siły ciężkości powiększa działanie pary pionowéj sił magnetycznych, dla tego też kierunek wypadkowéj do pionowéj się zbliża, i pochylenie osi igły powiększa. Przeciwnie pochylenie téj osi się zmniejsza, gdy środek ciężkości nad osią obrotu jest położonym. Dla tego to wynalazłszy pochylenie igły opisanym spo-

sobem, przewracamy jéj bieguny, to jest, za pomocą pocierania silnemi magnesami, biegun jéj północny zamieniamy na południowy, i na odwrót, starając się jéj nadać taką samą siłę magnetyczną, jaką przedtém posiadała, i obserwujemy znowu pochylenie osi igły opisanym sposobem. Gdy położenie środka ciężkości zostało niezmienném względem igły, względem biegunów stało się odwrotném, ciężkość więc o tyle teraz pomniejszy pochylenie, o ile go przedtém powiększyła, lub odwrotnie. Średnia z wypadków obudwóch tych obserwacyj da nam pochylenie nie zawisłe od błędnego położenia środka ciężkości.

Do oznaczenia zmian pochylenia magnetycznego na tém samém miejscu używa Kreil narzędzia na podobnych zasadach polegającego, jak wyżéj opisany magnetometr Gaussa, gdzie ze zmiany położeń obrazu stałéj pionowéj podziałki w zwierciadełku połączoném z igłą pochylenia, wnosi się na zmianę pochylenia magnetycznego.

Przyznać jednak potrzeba, iż igły pochylenia nie osiągnęły jeszcze tego stopnia doskonałości, jakim się zalecają magnetometra, a to szczególnie z téj przyczyny, iż przy wszystkich tych narzędziach, które służą do oznaczenia bezpośrednio pochylenia magnetycznego, tarcie na osi nie może być usuniętém.

Chcąc oznaczyć kierunek siły magnetycznéj ziemi, uważamy igły magnetyczne w położeniu równowagi; a gdzie dla ruchomości nadzwyczajnéj igły, jak np. w magnetometrze, ta doskonale uspokoić się nie da, a więc, w stanie ruchu uważaną być musi, zamiast jednéj obserwacyi robimy więcéj w stósownych porach, ażeby z tych podług pewnych zasad wynaleźć położenie, w jakiémby się igła w tym samym czasie do równowagi ułożyła. Inaczéj rzecz się ma, gdzie idzie o oznaczenie natężenia siły magnetycznéj. To możemy tylko ocenić ze skutków,

jakie ona sprawia to jest z wachnień igły. A. Humboldt oznaczał w tym celu czas jednéj oscyllacyi téj saméj igły w różnych punktach powierzchni ziemi. Podług zasady, iż siły poruszające to samo wahadło są w stósunku odwrotnym czasów jednéj oscyllacyi, z łatwością wnioskował na stósunek sił poruszających wahadło magnetyczne z oznaczonych czasów oscyllacyi. W prawdzie siła poruszająca takie wahadło jest skutkiem wzajemnego na siebie działania ziemi i igły. Wzrasta ona w tym samym stósunku jak siła magnetyczna ziemi T, może jednak przy niezmiennéj wartości T się zmieniać, jeżeli się zmienia siła magnetycznego wahadła M. Siłę więc poruszającą możemy wyrazić przez MT to jest przez iloczyn z siły magnetycznéj ziemi i z siły magnetycznéj wahadła. Jeżeli jednak wszystkie obserwacye w różnych punktach ziemi robimy tém samém wahadłem, którego magnetyzm M jest niezmiennym, te iloczyny będą w tym samym stósunku, jak siły magnetyzmu ziemi T.

Tym to sposobem oznaczyć można stósunek sił magnetycznych w różnych punktach ziemi, robiąc z igłą podróże, — lub téż stosunek téj siły w tém samém miejscu w różnych czasach. Jednak nie można oznaczyć tym sposobem bezwzględnéj ważności siły magnetycznéj ziemi T, ani téż porównać natężenia téj siły w różnych punktach o tym samym czasie, a tém mniéj porównać wielkość téj siły z inną jaką siłą np. ze siłą ciężkości. Nawet w tem samém miejscu robiąc z tą samą igłą doświadczenia w różnych czasach, gdy otrzymamy wypadki odmienne, zawsze zachodzi wątpliwość, czyli się przez ten czas zmieniła siła magnetyczna ziemi, czyli téż igły. Albowiem wiemy, że niepodobieństwem jest otrzymać igły, którychby magnetyzm był niezmiennym. Oprócz przemijających zmian, zawisłych od mniejszych zmian temperatury, które dzięki bada-

niom Fizyków, za pomocą rachunku choć przybliżenie mogą być oznaczone, doznają igły także zmian stałych, które obrachować się nie dają. Maleje w nich siła magnetyczna w skutek mocniejszych zmian temperatury, w skutek wstrząśnienia i zardzewienia podług praw dotychczas nieoznaczonych.

Nowy okres dla nauki o magnetyzmie ziemi rozpoczął się od chwili, w któréj Gauss, ów wielki patryarcha magnetyzmu (jak go słusznie nazwał Dziekan Ely na posiedzeniu badaczów natury w Cambridge), ogłosił swoją rozprawę pod tytułem: *Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata.* W téj to rozprawie okazał w jaki sposób wyżéj opisane magnetometra mogą być użytemi, do oznaczenia bezwzględnéj ważności natężenia siły magnetycznéj ziemi. Główna myśl jest następująca: Siła poruszająca wahadło, podług zasad mechaniki, równa jest ilorazowi jego momentu bezwładności przez kwadrat czasu oscyllacyi, rozmnożonemu przez π^2. (gdzie π jest znany stósunek okręgu koła do średnicy to jest 3,141....). Oznacza się więc za pomocą stósownych obserwacyj moment bezwładności igły, i czas jednéj oscyllacyi; a ztąd podług przytoczonego wzoru obrachuje się ważność siły poruszającéj, która jak wiémy jest równą MT to jest iloczynowi ze siły igły M i siły magnetycznéj ziemi T. Następnie ten sam magnes, który służył za wahadło ustawia się obok magnetometru zwyczajnego tak, iżby igła magnetometru i ten magnes były w tym samym poziomie, oś zaś magnesu przez jego środek przeprowadzona i w myśli przedłużona przecięła igłę w środku, czyli w punkcie jéj zawieszenia, a oraz była do osi igły prostopadłą. W tym razie igła zostaje pod podwójnym wpływem, t. j. pod wpływem siły magnetycznéj ziemi, która ją chce utrzymać w południku magnetycznym, a oraz pod wpływem zbliżonego magnesu,

który ją chce ustawić równolegle do swéj osi, to jest prostopadle do południka magnetycznego. Przyjmie więc ona kierunek pośredni, to jest kierunek wypadkowéj z siły magnesu zbliżonego i z siły magnetyzmu ziemi. Kąt K, który ta wypadkowa tworzy z południkiem magnetycznym, czyli z kierunkiem siły magnetycznéj ziemi, jest właśnie tym kątem, o który zboczenie igły się zmieni za zbliżeniem pomienionego magnesu. Ten więc może być oznaczonym, za pomocą zwyczajnych wyżéj opisanych obserwacyj na magnetometrze, i jest zawisłym od stósunku sił składających t. j. od $\frac{M}{T}$. Podług zasad statyki ten iloraz $\frac{M}{T}$ z oznaczonego kąta K, i z wymierzonéj odległości środka magnesu od osi obrotu igły a, obrachowanym i oznaczonym być może. Oznaczywszy sposobem opisanym ważność iloczynu MT i ilorazu $\frac{M}{T}$, łatwo jest za pomocą rachunku wynaleźć ważność T, to jest natężenie siły magnetycznéj ziemi przez liczbę wyrazić. Miarą téj siły magnetycznéj ziemi, którą ta liczba właściwie oznacza, jest siła magnesu, który w odległości wziętéj za jedność (zwykle odległość jednego milimetru), takie same jak ziemia na igłę magnetyczną wywarłby działanie. Za jednostkę zaś sił magnetycznych, do któréj liczba pomieniona się odnosi, uważa się siła takiego magnesu, któryby igle równéj z nim siły magnetycznéj, w odległości jedność, i przy prostopadłym do siebie kierunku ich osi magnetycznych, taki nadawał popęd do obrotu, jak ciężar massy wziętéj za jedność (to jest ciężar milimetru sześciennego wody czyli jeden miligram), działający na drążku ruchomym na około osi pozioméj w odległości jedność od osi obrotu.

Oznaczywszy przez opisane nieco dłuższe i trudniejsze doświadczenia i obserwacye siłę magnetyczną ziemi o pewnym czasie w daném miejscu, moglibyśmy dla każdéj innéj chwili

już ją znaleźć, gdybyśmy tylko oznaczyli, o ile się ona przez ten czas zmieniła. Narzędzie do oznaczenia tych zmian natężenia siły magnetycznéj ziemi służące, także przez sławnego Gaussa wynalezioném zostało. Podobne z wejrzenia zupełnie do magnetometru, tém tylko od niego się różni, iż wahadło magnetyczne nie na jednéj, lecz na dwóch nitkach lub drutach jest zawieszoném. Dla tego też to narzędzie nazywa się magnetometrem dwunitkowym. Ażeby obydwie nitki jednakowo były wyprężone, używa się właściwie nitki jednéj, lecz dwa razy dłuższéj niż odległość punktu zawieszenia od poziomu, w którym ma się znajdować wahadło magnetyczne; środek téj nitki oprowadza się na około krążka, a końce jéj przytwierdzają się do alhidady koła poziomego w odległości równéj średnicy krążka. Zresztą alhidadę i koło poziome albo się umieszcza u dołu, łącząc je z czułenkiem w którém umocowane jest wahadło magnetyczne, albo też u góry, podług tego jak z innych względów jedno lub drugie urządzenie jest dogodniejszém.

Siła ciężkości wyprężając obydwie nitki w tym magnetometrze stara się im nadać kierunek pionowy, a więc tak nitki, jako też linie poziome łączące ich końce uczynić równoległemi. Wyobraźmy sobie najprzód narzędzie tak ustawione, ażeby te nitki były rownoległemi, oś magnesu w południku magnetycznym, a biegun północny jego ku północy zwrócony; naówczas tak siła ciężkości, jako też siła magnetyczna ziemi utrzymywałyby wahadło w tém położeniu w równowadze. Okręcając zaś alhidadę u któréj końce nitek są utwierdzone, wyruszylibyśmy igłę z tego położenia. Ustawiłaby się ona tak do równowagi, iżby nitki nie były równoległemi, a oś magnesu nie w południku magnetycznym. W tym wypadku równowaga powstać tylko może z wzajemnego zniszczenia się przeciwnych i równych

działań, jakie siła ciężkości starająca się nitki sprowadzić do równoległości, tudzież siła magnetyczna ziemi igłę ku południkowi magnetycznemu przyciągająca, na nią wywiérają.

Jeżeli za pomocą magnetometru dwunitkowego chcemy oznaczać zmiany, jakim ulega natężenie siły magnetycznéj ziemi, okręcamy tak długo alhidadę, u któréj umocowane są końce nitek, aż oś igły ustawi się prostopadle do południka magnetycznego. Naówczas popęd do obrotu, jaki siła magnetyczna ziemi igle nadaje, jest największym; lecz gdy siła ciężkości wyprężająca nitki równie wielki popęd do obrotu igle w kierunku przeciwnym nadaje, wahadło jest w równowadze. Najmniejsza jednak zmiana w natężeniu siły magnetycznéj, zmieniając popęd do obrotu igle przez nią nadany, warunek równowagi znosi, igłę do innego położenia przywodzi. Ze zmian więc położenia igły wnioskuje się na zmiany natężenia siły magnetycznéj. Zmiany zaś położenia igły, podobnie jak w magnetometrze jednonitkowym, za pomocą lunety zwróconéj ku zwierciadełku z magnesem połączonemu, na przeciwko którego stósownie umieszczoną jest podziałka, dostrzeżone i wymierzone być mogą. Magnetometr dwunitkowy użyty w sposób opisany nadzwyczaj jest czułym na najmniejsze zmiany natężenia siły magnetycznéj; zmiana zaś zboczenia magnetycznego na to narzędzie nieznacznie wpływa; z resztą mały wpływ w tym względzie może być za pomocą równoczesnych obserwacyj, robionych na nie zbyt odległym magnetometrze jednonitkowym, oznaczony i rachunkiem usunięty.

Nadmienić tu jeszcze muszę, że wszystkie opisane doświadczenia i dostrzeżenia odnoszące się do natężenia siły magnetycznéj ziemi robią się z igłami, które się poruszają w płaszczyźnie pozioméj; znajduje się więc przez nie tylko ta część siły

magnetycznéj ziemi, która na takie igły działa, to jest część pozioma. Gdybyśmy więc chcieli otrzymać ważność całéj siły magnetycznéj ziemi, trzebaby jeszcze tę siłę poziomą podzielić przez dostawę kąta pochylenia.

Ten krótki rys działań, za pomocą których siła magnetyczna i jéj zmiany w miejscu daném z dokładnością mogą być oznaczone, jasne już daje pojęcie o trudnościach i kosztach, z jakiemi jest połączoném dochodzenie praw doświadczalnych siły magnetycznéj ziemi. Jednak, dzięki usilności i poświęceniu się tylu uczonych, jako téż hojnemu wspiéraniu ich przez wiele rządów, w znacznéj liczbie punktów oznaczoną została ta siła, tak co do kierunku, jako téż co do natężenia. Chociaż przyznać potrzeba, że liczba jednoczesnych i dokładnych oznaczeń téj siły w różnych punktach jeszcze jest małą. Lecz za to w niektórych miejscach są już szeregi dostrzeżeń co godzina, lub przynajmniéj kilka razy na dzień robionych, przez długi przeciąg czasu, które doprowadziły do tego przekonania, że wszystkie elementa téj siły to jest zboczenie, pochylenie i natężenie na tém samém miejscu ciągle się zmieniają. Zmiany te rozróżniamy na przypadkowe i okresowe, ostatnie znowu są wiekowe, roczne i dzienne. I tak średnie zboczenie miejsca które teraz w całéj Europie jest zachodniém ciągle się pomniejsza. Pomniejszenie roczne jednak nie jest co roku jednakowém, tylko zdaje się jakoby teraz wzrastało; np. dla Getyngi podług Goldschmidta od 1835 do 1840 r. średnia ważność pomniejszenia była 4′ 15″,3 od 1840 do 1845 r. ta średnia 6′ 38″,5 wynosiła. Oprócz tych zmian wiekowych są jeszcze zmiany roczne i dzienne. Najlepszy obraz zmian dziennych dają linie krzywe w których czas przed odcinek, element zaś magnetyczny przez przystawę oznaczamy. Takie to linie wykréślone

dla wszystkich dni roku, dla tegoż samego punktu, okazują ważną różnicę pomiędzy miesiącami letniemi i zimowemi.

Najprzód. Różnica pomiędzy dzienną największością i najmniejszością tegoż samego elementu w miesiącach letnich jest większą, niż w miesiącach zimowych.

Podrugie. Ruch sam téj zmiany w miesiącach zimowych jest zawilszym, niż w miesiącach letnich. Albowiem w przeciągu jednéj doby w letnich miesiącach tylko jedna najmniejszość i jedna największość się okazuje, w miesiącach zaś zimowych po dwie dla każdego elementu. W lecie największe zboczenie jest o 1 godz. popołudniu, pochylenie o 10 godz. rano, największe natężenie części poziomej siły magnetycznéj ziemi o 8 godz. wieczór; najmniejsze zaś zboczenie o 8 godz. rano, pochylenie o 7 godz. rano, natężenie o 10 godz. rano. W zimie oprócz tych największości i najmniejszości jak w lecie, jeszcze największość zboczenia jest o 5 godz. rano, pochylenia o 6 godz. wieczór, natężenia o 6 godz. rano; najmniejszości zaś zboczenia o 10 godz. wieczór, pochylenia o 2 godz. po południu, natężenia o 12 godz. północnéj.

Odpowiednie zmiany tegoż samego elementu np. największość jego zboczenia, w różnych punktach ziemi obserwują o téj saméj godzinie, — a więc nie są one równoczesnemi dla miejsc w różnych południkach astronomicznych położonych, których zégary podług tychże różnych południków regulowane, jak wiadomo, bynajmniéj się niezgadzają. Inaczéj rzecz się ma z przypadkowemi zmianami tych elementów, które czasem są nierównie większe od zwykłych zmian dziennych, tak iż obraz prawidłowego dziennego biegu igły przez nie czasem zupełnie zatartym zostaje. Rozróżniamy więc z tego względu pogody czyli cisze magnetyczne, gdy bieg dzienny igły jest prawidło-

wym, i burze magnetyczne. Do wyjaśnienia przebiegu tych burzy przyczyniły się szczególnie obserwacye terminowe, jednocześnie w różnych punktach robione. Porównywając linie krzywe przebieg zmian tegoż samego elementu o tym samym czasie w różnych miejscach przedstawiające dostrzega się wielkie podobieństwo w liniach miejsc nie zbyt odległych; przeciwnie linie miejsc bardzo od siebie odległych zupełnie są niepodobne. Tak np. linie wszystkie z obserwatoryów Europejskich dla tegoż samego dnia są podobne między sobą, również Amerykańskie jeżeli je między sobą porównywamy; równoczesne jednak Europejskie i Amerykańskie żadnego nie okazują podobieństwa. Przez takie to porównania wykryto, iż jakakolwiek miejscowa przyczyna sprawia zmianę magnetyzmu ziemi w jednym punkcie, działanie téj przyczyny z nadzwyczajną chyżością rozchodzi się na wszystkie strony; tak że chociaż przy dokładnéj uwadze postęp tych zmian stopniowy od punktu, gdzie się rozpoczęły, dostrzedz można, jednak chwile, w których jednoimienne zmiany w odleglejszych nawet punktach się rozpoczynają, nie wiele się od siebie różnią. W ogólności te same zmiany przypadkowe są większe w miejscach bliżéj ku biegunom posuniętych, słabieją zaś w miarę zbliżania się do równika. Lamont przez porównanie linij równoczesnych Europejskich dostrzegł, iż stósunek wielkości zmian przypadkowych dla tych samych miejsc jest ilością stałą; tak np. oznaczywszy wielkość zmiany przypadkowéj zboczenia magnetycznego w Mediolanie przez 100, wielkość równoczesnéj zmiany zboczenia w Kremsmünster będzie 109, w Monachium 110, w Krakowie 121, w Pradze 122, w Bruxelli 132, w Lipsku 134, w Marburgu 138, w Berlinie 152, w Wrocławiu 157, w Breda 160, w Getyndze 183, w Upsali 186, w Dublinie 207, w Kopenhadze 221, w Stokholmie 238.

Burze magnetyczne są niezawodnie zawisłemi od wielu jeszcze nam nieznajomych przyczyn. Dotychczas tylko wykryto, że są w pewnym względzie okresowe, albowiem w pewnych godzinach i dniach w roku częściéj się pojawiają niż w innych. Często są one równoczesne z zorzą północną, naówczas dostrzedz je można nie tylko w owych miejscach, gdzie zorza jest widzialną, ale i w miejscach daléj ku równikowi posuniętych. Podług zdania P. Siljeström przy rozpoczęciu zorzy biegun północny igły na zachód się porusza, natężenie siły magnetycznéj wzrasta, ku końcowi zaś biegun północny igły ku wschodowi zbacza, a natężenie siły magnetycznéj maleje. Ruch igły jednak wschodni jest większym od ruchu zachodniego. Lecz nie zawsze z zorzą północną jest połączona burza magnetyczna.

Co do wiekowych zmian pochylenia i natężenia siły magnetycznéj ziemi nie da się nic jeszcze z pewnością powiedzieć, gdyż od niedawnego dopiéro czasu na te zmiany Fizycy zwrócili swoją uwagę. Tak więc jeszcze pod względem wykrycia praw, jakim zmiany elementów magnetycznych w tém samém miejscu ulegają, wiele do życzenia pozostaje. Lecz już Goldschmidt, Kämtz, Lamont i inni pracują nad wykryciem wzorów, podług których ze znanych elementów magnetycznych dla danego miejsca o pewnym czasie, możnaby te same elementa wynaleźć dla każdego innego czasu w tém samém miejscu. Wzory przez nich podane chociaż jeszcze nie odpowiadają wszelkim życzeniom Fizyków, znaczne już jednak dają przybliżenie.

Nakoniec jeszcze nadmienię, w jaki sposób można wyobrazić i uzmysłowić rozkład sił magnetycznych na całéj powiérzchni ziemi. W tym celu najlepiéj posłużyć mogą mapy magnetyczne, na których są skréślone różne układy linij krzywych. Z tych dla praktyki najważniejsze są linije isogoniczne, łączące na po-

wiérzchni ziemi punkta, w których zboczenie magnetyczne jest równém. Z nich albowiem żeglarz wyczytać może, jakie jest zboczenie magnetyczne w tém własnie miejscu, w którém oś się znajduje. Znając o ile w daném miejscu igła magnetyczna błędnie wskazuje, znajdzie za pomocą niéj łatwo prawdziwe położenie stron świata, tak jak za pomocą fałszywie wskazującego zégarka ten tylko z dokładnością czas oznaczy, który zna wielkość jego błędu. Łącznie z temi mapami bardzo użyteczną jest bussola, bez nich w błądby tylko wprowadzała. Mała albowiem jest tylko liczba punktów, w których biegun północny igły dokładnie na północ wskazuje, w porównaniu z liczbą tych, w których nieco na zachód lub na wschód jest skierowanym, lecz są i takie punkta w których tenże sam biegun dokładnie na zachód wskazuje, to jest gdzie zboczenie magnetyczne jest równe 90 stopniom, inne punkta gdzie ten sam biegun ku wschodowi dokładnie jest zwróconym, to jest gdzie zboczenie $= -90^{0}$, mnóstwo punktów gdzie biegun północny wskazuje ku wschodnio- lub zachodnio-południowéj stronie, a nawet w pobliskości obudwóch biegunów ziemi są punkta, w których biegun północny dokładnie na południe wskazuje, to jest gdzie zboczenie magnetyczne 180^{0} wynosi. Podług Gaussa trzy tylko są linie isogoniczne odpowiadające zboczeniu zero, na nich to leżą punkta dla których południk magnetyczny jest oraz południkiem astronomicznym. Jedna z tych linij isogonicznych odpowiadających zboczeniu zero w roku 1839 przechodziła przez odnogę Hudsońską, Kanadę, zachodnią część Stanów zjednoczonych, ocean Atlantycki obok Indyj zachodnich, następnie przecinała ląd stały Ameryki południowéj, wchodząc w niego przy ujściu rzéki Amazońskiéj, a opuszczając go przy Rio-Janeiro, odkąd daléj dążyła ku biegunowi południowemu. Druga takaż

linia w pomienionym 1839 roku od bieguna północnego przez morze lodowate wchodziła do morza białego, a stąd obok Archangelska wstąpiwszy na ląd stały, ciągle dążyła ku południowi, przechodziła pomiędzy Moskwą i Kazanem, przecinała morze Kaspijskie, daléj przez Persyą i morze Perskie wchodziła do morza Indyjskiego, w tém raptownie ku wschodowi się wyginała, gdzie prawie równolegle do równika przebiegłszy pod Indyjami i wyspami Sundyjskiemi znowu przyjęła kierunek ku południowo-wschodniéj stronie, i w tym kierunku przeciąwszy nową Hollandyą dążyła ku biegunowi południowemu. Trzecia takaż linia miała kształt owalny. Jeżeli jéj bieg uważać rozpoczniemy od północnego końca Japonii, przechodziła ona dążąc ku północy przez morze Ochockie do Syberyi, gdzie dość raptownie się zakrzywiając ku zachodowi a następnie ku południowi, w tym kierunku przecinała Mongolią, Kobi i Chiny, około Kantonu opuszczała ląd stały, przy wyspach Filipińskich ku wschodowi, a następnie zaraz ku północy się zakrzywiając przez Ocean spokojny wracała do północnéj części Japonii, zkąd wyszła. Oprócz tych linij, na całéj kuli ziemskiéj południk magnetyczny nie schodzi się z południkiem astronomicznym. Linie isogoniczne różném zboczeniom odpowiadające, jedne dążą od jednego bieguna aż do drugiego różnie się zakrzywiając, drugie do tego samego bieguna powracają, od którego wyszły, inne same w siebie powracają, tak iż trudno w tym względzie znaleźć jakie prawidło. Z resztą o ich kształcie przejrzenie map, w których są wykréślone, lepsze da wyobrażenie, niż najdłuższe opisy. To jednak jeszcze nadmienię, iż w pobliskości biegunów prędzéj się zboczenie zmienia przechodząc z miejsca na miejsce, niż w pobliskości równika. Tak żeglarz płynąc od odnogi Hudsońskiéj do zatoki Bahińskiéj, na téj około 300

mil jeograficznych długiéj podróży przebyłby wszystkie zmiany zboczenia od 0° aż do przeszło 90°, to jest ta sama igła, któraby przy rozpoczęciu podróży biegunem północnym doskonale ku północy wskazywała, ku końcowi téj podróży tym samym biegunem doskonale na zachód byłaby zwróconą; gdy przeciwnie w pobliżu równika na podróży przeszło 600 mil jeograficznych wynoszącéj, od ujścia rzéki Amazońskiéj aż do wybrzeża wyższéj Gwinei, zmiana zboczenia niespełna 20 stopni wynosi.

Drugi układ linij magnetycznych są linie isokliniczne, łączące punkta na powiérzchni ziemi, w których pochylenie magnetyczne jest równém. Z tych jednę, która odpowiada pochyleniu zero, nazywają równikiem magnetycznym ziemi. Równik magnetyczny okrąża kulę ziemską wracając sam w siebie, i przecina równik jeograficzny w dwóch punktach. W oceanie nawet nie wiele się różni od równika jeograficznego; a chociaż wstępując na ląd stały Afryki tudzież Ameryki południowéj od niego niecco więcéj się oddala, jednak ta odległość 15° nigdy nie przechodzi. We wszystkich miejscach położonych ku północy od równika magnetycznego pochylenie jest dodatném, również w miejscach położonych od niego ku południowi pochylenie jest ujemném. Linie isokliniczne wszystkie same w siebie powracają, a chociaż nie są ani między sobą ani do równoleżników równoległemi, jednak nierównie są foremniejsze, niż linie isogoniczne. Im większe jest pochylenie, któremu linia isokliniczna odpowiada, tém bliżéj leży ku biegunom, a przeto tém jest krótszą. Największemu pochyleniu + 90° jeden tylko punkt odpowiada, który leży w półkuli północnéj nad odnogą Hudsońską, pomiędzy ziemią Bafińską i Boocyą szczęśliwą; podobnież pochylenie — 90° jest tylko w jednym punkcie, położonym w morzu lodowatém południowém, w szérokości połu-

dniowéj jeogr. 72° 35′ a długości wschodnéj od Greenwich 152° 30′. W obudwóch tych punktach, które nazywają biegunami magnetycznemi, oś igły pochylenia ma kierunek zupełnie pionowy.

Trzeci układ linij magnetycznych są linie isodynamiczne, łączące punkta na powiérzchni ziemi, w których natężenie siły magnetycznéj ziemi ma tę samę ważność. Te linie mogą być dwojakiego rodzaju, podług tego czyli całą siłę magnetyczną, czyli tylko część jéj poziomą uważamy....

Mapy magnetyczne na obserwacyach polegające wykréślonemi zostały przez wielu badaczów natury w zeszłym i na początku bieżącego wieku. Najnowsze tego rodzaju na dostrzeżeniach polegające mapy dla linij isogonicznych ułożone są przez Barlowa, dla isoklinicznych przez Hornera, dla isodynamicznych przez Sabinego. Porównywając takie mapy dawniejsze z nowszemi, dostrzega się iż wszystkie te linie w przeciągu czasu swoje położenie zmieniają, co konieczném jest następstem zmiany elementów magnetycznych na tém samém miejscu.

Jakkolwiek wielką jest ważność map magnetycznych, szczególniéj linij isogonicznych już dzisiaj dla żeglugi, zawsze jednak przyznać potrzeba, że takie mapy, o ile tylko na samych dostrzeżeniach się opiérają, nigdy nie mogą być zupełne i dokładne, gdyż mimo wielkiéj liczby obserwatorów i ich usilności zawsze jeszcze wielkie są przestrzenie powiérzchni ziemi, dla których brakuje dokładnych dostrzeżeń, gdzie więc części tych linij czasem dosyć dowolnie bywają prowadzonemi. Nareszcie takie mapy polegają zawsze na dostrzeżeniach w czasach przeszłych robionych, są więc pod pewnym względem historyczne i nie okazują obrazu obecnego rozkładu sił magnetycznych na powiérzchni ziemi. Słowem są one, równie jak wszystkie wia-

domości na samém tylko doświadczeniu polegające, niedokładne, brakuje im całości i jedności. Tak to i w naukach przyrodzonych, chociaż nasze wiadomości na doświadczeniach opiérać musimy, jeżeli nie chcemy się gubić w bezzasadnych i płonnych marzeniach, jednak przy samém doświadczeniu pozostać nie możemy. Musimy prawdy z doświadczenia wynikające przez rozumowanie połączyć, nadać im cechę naszego ducha, złać je w jednę całość, a tym sposobem z oderwanych wiadomości teoryą, z pojedynczych prawd doświadczeniem nabytych utworzyć umiejętność. Z tego to względu Fizycy poznawszy dziwne objawiania się siły magnetycznéj ziemi, szukali wspólnéj ich przyczyny, z którejby wszystkie znane zjawiska magnetyzmu ziemskiego wytłumaczyć, a następnie nieznane jeszcze przepowiedzieć można. W tym to celu Euler przypuszczał dwa magnetyczne bieguny wewnątrz ziemi, Halley cztéry, Hansteen w nowszych czasach z przypuszczenia dwóch magnesów wewnątrz ziemi się poruszających, starał się magnetyzm ziemi i tegoż ciągłe zmiany wytłumaczyć; lecz wypadki za pomocą rachunku z takich przypuszczeń otrzymane, bardzo źle się zgadzały z prawdami doświadczonemi. Gaussa umysł bystry dostrzegł, iż na téj drodze prawdę wykryć trudno, gdyż nieskończona liczba jest możebnych rozkładów sił magnetycznych ziemi. Co większa uważając rzecz ogólnie nie możemy nawet wiedzieć, czyli przyczyna zjawisk magnetyzmu ziemi jest w jéj wnętrzu, czyli na jéj powiérzchni, czyli téż nad tą powiérzchnią. Nie można się więc spodziéwać, ażeby kto tyle był szczęśliwym, iżby właśnie przypadkiem natrafił na takie przypuszczenie, któreby odpowiadało rzeczywistości. Dla tego Gauss nie wdaje się w żadne śmiałe przypuszczenia w swéj teoryi magnetyzmu, którą zupełnie na wypadkach obserwacyi i prawdach matematycznych opiéra. Roz-

kłada on całą siłę magnetyczną ziemi, jaka się w pewnym punkcie jéj powiérzchni objawia, podobnie jakeśmy to wyżéj uczynili na część pionową Z, i na część poziomą, tę ostatnią znowu na część działającą w płaszczyznie południka jeograficznego X i na część działającą w płaszczyznie równoleżnika Y. Te ilości uważa za dodatne jeżeli Z na dół, X ku północy, Y ku zachodowi działa, w przeciwnym zaś kierunku uważa je jako ujemne. Udowadnia iż jakikolwiek rozkład sił magnetycznych, czyli to we wnętrzu ziemi, czyli na jéj powiérzchni, czyli nad tą powiérzchnią, sprawia zjawiska magnetyzmu ziemi, zawsze te trzy ilości X, Y, Z są funkcyami szérokości i długości jeograficznéj, zawsze są one zawisłemi od siebie na wzajem i od czwartéj podobnéj funkcyi V, zawsze wyrazić się dają przez szeregi zbieżne (to jest takie szeregi malejące, których summa mimo nieskończonéj liczby wyrazów da się oznaczyć, i do któréj tém bardziéj się zbliżamy im więcéj początkowych wyrazów szeregu dodajemy, tak iż w rachunkach praktycznych, przybliżonych, wziąwszzy tychże kilka, resztę bez znacznego błędu opuścić można). Następnie wynajduje kształt tych szeregów, a obrachowawszy X, Y, Z dla dostatecznéj liczby punktów znanéj szérokości i długości jeograficznéj za pomocą map magnetycznych, bierze z każdego szeregu tylko 4 piérwsze wyrazy, opuszczając resztę przy tém piérwszém przybliżeniu, i podstawia w nich obrachowane ważności X, Y, Z tudzież odpowiednie im ważności szérokości i długości jeograficznéj. Ze zrównań w ten sposób otrzymanych oznacza z niejakiém przybliżeniem ważność stałych czynników w tychże szeregach czyli raczéj zrównaniach. Za pomocą których następnie X, Y, Z, a tém samém wszystkie elementa magnetyczne dla każdego punktu na powiérzchni ziemi dają się obrachować, jeżeli jest daną széro-

kość i długość jeograficzna tegoż punktu. Dla ułatwienia rachunku Goldschmidt ułożył podług tych wzorów stósowne tablice. Za pomocą tych tablic wyrachowałem dla Krakowa ze znanéj szérokości północnéj jeograficznéj $\varphi = 50^0\,3'\,50''$ i długości wschodniéj od Greenwich $\lambda = 19^0\,57'\,38''85$ następujące elementa magnetyczne:

Zboczenie magnetyczne zachodne	$= 14^0\,54'$
Pochylenie magnetyczne dodatne	$= 63^0\,37'$
Część pozioma siły magnetycznéj ziemi	$= 2,1141..$
Cała siła magnetyczna ziemi	$= 4,7585..$

Te liczby oznaczają ważności jakie elementa magnetyczne podług teoryi Gaussa miały w Krakowie w r. 1839; albowiem dla tego roku te tablice wyrachowanemi były. Ażeby je zastósować dla roku bieżącego trzebaby wiedzieć o ile przez ten czas każdy z tych elementów się zmienił. Podług dostrzeżeń zaś Szanownego Kolegi mego W. Weisse Dyrektora tutejszego obserwatoryum astronomicznego zboczenie magnetyczne w Krakowie w r. 1839 było $= 13^0\,8'\,11'',9$. Podług moich dostrzeżeń w bieżącym roku robionych pochylenie magnetyczne w Krakowie było $= 65^0\,28'\,30''$, pozioma zaś część siły magnetycznéj 1,94059.. Z których to wypadków obrachowana siła całkowita magnetyczna w r. b. w Krakowie jest $= 4,6751..$ Widzimy iż pomiędzy elementami wyrachowanemi podług teoryi Gaussa (chociażby je na rok bieżący zredukowano) i pomiędzy elementami oznaczonemi przez dokładne obserwacye jeszcze dosyć znaczna zachodzi różnica. Podobne różnice znalazł Goldschmidt porównywając elementa wyrachowane podług teoryi Gaussa z elementami magnetycznemi oznaczonemi przez dostrzeżenia, dla 90 przeszło punktów w różnych stronach ziemi położonych. Ta niezupełna jeszcze zgodność pomiędzy wypadkami teoryi i

spostrzeżeń ztąd pochodzi, że spostrzeżenia albo raczéj mapy magnetyczne podług tychże wykréślone, na których cały rachunek polegał, nie były ściśle równoczesne, a niektóre nawet nie bardzo dokładne. Spodziéwać się jednak należy, że za łat parę gdy obserwatorya magnetyczne, już dzisiaj tak liczne, dokładnych i jednoczesnych oznaczeń elementów magnetycznych dla punktów w różnych stronach ziemi położonych dostarczą, na ówczas teorya Gaussa, oparta na tych dokładnych obserwacyach, posłuży do wynalezienia wzorów za pomocą rachunku, podług których elementa magnetyczne ze znanéj szérokości i długości jeograficznéj dokładnie aż do kilku minut wyrachować będzie można. A gdy ciągłe doświadczenia magnetyczne na tém samém miejscu robione, doprowadzą oraz do wykrycia praw, podług których elementa magnetyczne na tém samém miejscu z czasem się zmieniają, wynalezione wnet zostaną wzory podług których ze znanego zboczenia, pochylenia i natężenia siły magnetycznéj dla pewnéj chwili dadzą się obrachować te ilości dla każdego innego czasu w tém samém miejscu. Na ówczas to wychodzić będą mapy magnetyczne dla czasów przyszłych, i tablice w których ze znanych szérokości i długości jeograficznéj z łatwością wynaleźć się dadzą elementa magnetyczne, i na odwrót. Tych więc żeglarze w podobny będą mogli używać sposób, jak dziś efemeryd astronomicznych.

Oprócz tych i tym podobnych korzyści praktycznych z wydoskonalonéj teoryi magnetyzmu wypływających, ważne będą oraz korzyści teoretyczne. Albowiem Gauss i Lamont okazali, że wyrachowanie dokładne spółczynników w szeregach dla X, Y i Z posłuży oraz do rozstrzygnienia z matematyczną pewnością, czyli przyczyna magnetyzmu ziemi w jéj wnętrzu, czyli na powiérzchni, czyli też nad powiérzchnią ma być szukaną; a

w razie gdyby we wszystkich tych miejscach cząstkowe były przyczyny, jaki udział oddzielny ma każda w ogólném tém działaniu. Wiedząc zaś raz, gdzie przyczyny zjawiska szukać mamy, łatwiéj ją wynaleźć będzie.

Wzmiankowane korzyści praktyczne, które z wydoskonalonéj teoryi magnetyzmu wypłynąć mogą dla żeglugi, a częstokroć czysta chęć wspiérania dążności naukowych, spowodowały wiele rządów do hojnego wspiérania badaczów natury w wykryciu praw magnetyzmu ziemi. A chociaż spostrzeżenia magnetyczne są mozolne, pod względem materyalnym niewdzięczne, a o ile ważność wypadków z nich otrzymanych tylko przez uczonych znawców oceniona być może, nie tylko podziwienia ale nawet ocenienia prac w tym zawodzie podjętych w ludziach z tym przedmiotem nieobeznanych nie wzbudzają, przecież we wszystkich stronach świata mnóstwo jest badaczów natury, którzy z niezmordowaną usilnością pracują nad ukończeniem dzieła, do którego w tym wieku A. Humboldt i Gauss piérwsi pobudzili. Zachęca ich do wytrwania w téj mozolnéj i długoletniéj pracy, zamiłowanie prawdy i to przekonanie, że każda prawda jakkolwiek się nieumiejętnemu czasem zdaje małą i prawie nic nieznaczącą nieocenione jednak i niezliczone dobrodziejstwa zléwa przez swoje dalsze rozwinięcie na ludzkość. Jest ona tak jak owe ziarnko nieznaczne, które podług podobieństwa przytoczonego w ewangelii, przez swoje rozwinięcie zamienia się w olbrzymie drzewo, pod którego gałęziami miliony ptastwa znajdują cień, przytułek i schronienie, gdy jego owoce również milionom żywności dostarczają.